

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AMBIENTAL



T E S I S

**EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE LA
CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO,
EN CELENDÍN**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por la Bachiller:

KEYLA SUJEY MORI LEYVA

Asesora:

Ing. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA

CAJAMARCA – PERU

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962

"Casa de la Humanidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

-----000-----



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los once días del mes de mayo del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 151-2020-FCA-UNC, de fecha 1 de diciembre del 2020, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO EN CELENDÍN**", ejecutado(a) por la Bachiller en Ciencias Ambientales, doña **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **VEINTE** horas y **QUINCE** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **DIECISEIS (16)**; por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

A las **VENTIDOS** horas y **02** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Dr. Agustín Emerson Medina Chávez
PRESIDENTE

Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno
SECRETARIO

Ing. M. Cs. Edgar D. Díaz Mori
VOCAL

Ing. M. Cs. Giovana E. Chávez Horna
ASESOR

DEDICATORIA

A mi familia por ser los principales promotores de alcanzar mis anhelos y sueños, por apoyarme incondicionalmente y por confiar siempre en mí.

A todos mis amigos que contribuyeron a que este trabajo sea realizado.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mi familia por ser el motor y ejemplo de lucha, por su incondicional apoyo durante mi formación profesional.

A mi asesor Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna por su tiempo dedicado y aporte constructivo e instructivo como guía y asesoramiento en el desarrollo de esta investigación.

A todos los docentes de mi alma mater, la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Sede Celendín - Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme brindado los conocimientos para desempeñarme como profesional.

A todos los amigos que generosamente me apoyaron en las diferentes etapas de la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Biodigestor tubular.....	8
2.2.2. Características del biodigestor	9
2.2.3. Interacciones microbianas en la fermentación anaerobia	10
2.2.4. Parámetros de funcionamiento para el biodigestor tubular.	11
2.2.5. Relación sólido líquido.....	12
2.2.6. Relación C/N.....	12
2.2.7. Tiempo de retención hidráulica.....	13

2.2.8.	Norma legal aplicable a los vertimientos de aguas residuales	14
2.3.	Definición de términos básicos.....	14
CAPÍTULO III.....		16
MARCO METODOLÓGICO		16
3.1.	Materiales y equipos	18
3.1.1.	Material experimental.....	18
3.1.2.	Equipos	18
3.1.3.	Material de campo	18
3.1.4.	Materiales de escritorio.....	19
3.2.	Trabajo de campo.....	20
3.2.1.	Instalación del biodigestor tubular	20
3.2.2.	Operación del biodigestor tubular	24
3.3.	Trabajo de gabinete.....	27
3.3.1.	Cálculo del promedio de los valores obtenidos en laboratorio	27
3.3.2.	Cálculo del porcentaje de remoción.	27
3.3.3.	Cálculo de análisis de varianza.	28
CAPÍTULO IV		29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		29
4.1.	Eficiencia de remoción de carga orgánica y sólidos	29
4.1.1.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	29
4.1.2.	Demanda química de oxígeno (DQO).....	31

4.1.3.	Sólidos suspendidos totales.....	33
4.2.	Concentración de constituyentes	36
4.2.1.	Demanda bioquímica de oxígeno.....	36
4.2.2.	Demanda química de oxígeno.....	37
4.2.3.	Sólidos suspendidos totales.....	38
4.2.4.	Potencial de hidrógeno	39
4.2.5.	Temperatura	41
CAPÍTULO V.....		43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
5.1.	Conclusiones.....	43
5.2.	Recomendaciones	44
CAPÍTULO VI		45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		45
CAPÍTULO VII		51
ANEXO		51
7.1.	Cálculo de remoción	51
7.1.1.	Cálculo de remoción de DBO	51
7.1.2.	Cálculo de remoción de DQO.....	51
7.1.3.	Cálculo de remoción de SST:.....	52
7.2.	Panel fotográfico.....	52
7.3.	Informes de laboratorio	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación carbono / nitrógeno	13
Tabla 2. Norma legal aplicable a los vertimientos de aguas residuales	14
Tabla 3. Resumen de las dimensiones del biodigestor tubular.....	23
Tabla 4. Descripción de frecuencia de muestreo.	25
Tabla 5. Parámetros de campo.....	25
Tabla 6. Requisitos para la toma de muestras de agua y preservación	26
Tabla 7. Métodos de ensayo usados para la determinación de los parámetros	27
Tabla 8. Análisis de varianza.....	28
Tabla 9. Análisis de varianza para el indicador demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)....	30
Tabla 10. Análisis de varianza para el indicador demanda química de oxígeno (DQO)	33
Tabla 11. Análisis de varianza para el indicador sólidos suspendidos totales (SST)	35
Tabla 12. Datos obtenidos de pH del afluente y del efluente	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del trabajo de investigación.....	17
Figura 2. Dimensiones del biodigestor tubular y zanja.....	22
Figura 3. Dimensiones de la zanja para el biodigestor tubular.....	23
Figura 4. Dimensiones corte A y corte B de la zanja para el biodigestor tubular	23
Figura 5. Diagrama de operación del biodigestor tubular	24
Figura 6. Eficiencia de remoción a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	29
Figura 7. Porcentaje de remoción a la demanda química de oxígeno (DQO).....	31
Figura 8. Eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales (SST)	33
Figura 9. DBO en el afluente y efluente del biodigestor tubular.....	36
Figura 10. Datos obtenidos de la DQO en el afluente y efluente del biodigestor tubular.....	37
Figura 11. Valores de afluente y efluente de los sólidos suspendidos.	38
Figura 12. Variación del potencial de hidrogeno (pH) en el afluente y efluente.....	40
Figura 13. Valores de afluente y efluente de temperatura.....	41
Figura 14. Zanja en forma trapezoidal para encajar el biodigestor.....	52
Figura 15. Visita del asesor a las instalaciones del biodigestor.....	53
Figura 16. Carga del biodigestor.....	53
Figura 17. Toma de muestras para laboratorio	54
Figura 18. Muestras listas para laboratorio	54

RESUMEN

Se determinó la eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos suspendidos del efluente de un centro de beneficio cárnico, en la ciudad de Celendín, Cajamarca, Perú; se instaló el biodigestor tubular con un volumen de 7.2 m³ y 5,7 m de longitud, se realizaron cargas diarias de 0.03 m³/día rumen y 0.09 m³/día de aguas residuales del efluente de beneficio cárnico, haciendo una relación 1:3. Las evaluaciones de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales se iniciaron a partir de los 45 días y se continuo cada 15 días hasta 180 días, así mismo, se evaluó cada 7 días los parámetros de campo temperatura y potencial de hidrógeno. En relación a los resultados, la eficiencia del biodigestor tubular es notoria a partir de los 120 días, obteniendo los valores promedios del efluente de biodigestor tubular de 293.5mg/L para DBO₅, 355.9mg/L para DQO y 70 mg/L para SST; estos resultados fueron comparados con los valores máximos admisibles (VMA), para la descarga de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario DS N°021 – 2009, verificando el cumplimiento con la norma. Por tanto, se concluye que el biodigestor tubular es eficiente en el tratamiento de efluentes del beneficio cárnico, logrando porcentajes máximos de remoción de 99.72% para DBO₅, 98.98 % para DQO y 99.17 % para SST, en un tiempo de retención de 180 días.

Palabra clave: DBO, DQO, SST, biodigestor tubular, afluyente, efluente, beneficio cárnico.

ABSTRACT

The efficiency of a tubular biodigester was determined in the removal of organic load and suspended solids from the effluent of a meat processing center, in the city of Celendín, Cajamarca, Peru; The tubular biodigester was installed with a volume of 7.2 m³ and 5.7 m in length, daily loads of 0.03 m³ / day rumen and 0.09 m³ / day of wastewater from the meat processing effluent were made, making a 1: 3 ratio. The evaluations of biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand and total suspended solids began after 45 days and continued every 15 days up to 180 days, likewise, the field parameters temperature and potential of hydrogen. Regarding the results, the efficiency of the tubular biodigester is noticeable after 120 days, obtaining the average values of the effluent from the tubular biodigester of 293.5mg / L for BOD₅, 355.9mg / L for COD and 70 mg / L for TSS ; These results were compared with the maximum admissible values (VMA), for the discharge of non-domestic wastewater in the sanitary sewer network DS N ° 021 - 2009, verifying compliance with the standard. Therefore, it is concluded that the tubular biodigester is efficient in treating effluents from the meat processing plant, achieving maximum removal percentages of 99.72% for BOD₅, 98.98% for COD and 99.17% for TSS, in a retention time of 180 days.

Keyword: BOD, COD, TSS, tubular biodigester, tributary, effluent, meat processing.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los residuos líquidos producidos en un centro de beneficio o matadero son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas, proteínas. La generación de vertidos de aguas residuales tiene una carga orgánica y de nutrientes media-alta con un contenido importante de sólidos en suspensión (Salas y Condorhuamán 2008), para ello la presente investigación, propone el uso del biodigestor tubular, considerando los beneficios de esta tecnología y su bajo costo en la implementación (Herrero 2008).

En América Latina los mataderos de productos cárnicos tienen problemas por el escaso desarrollo económico de los países, la gestión municipal, estatal y privados; el escaso nivel de educación personal, la obsolescencia en la legislación y la rigidez de los reglamentos. Estos problemas están estrechamente relacionados con las peculiaridades del ambiente de cada matadero, en especial las variables económicas, culturales, legales y de políticas de cada país (Gonzales y Apanu 2016).

En el Perú existen gran número de mataderos para el sacrificio de animales domésticos, se reportan más de 200 camales no autorizados por el SENASA; sin embargo, estos locales funcionan con total normalidad incumpliendo con las normativas vigentes, frente a esto, la municipalidad cumple un rol fundamental como organismo competente para administrar estos locales y la fiscalización constante, certificando aquellos que posean las condiciones mínimas

necesarias (Jiménez y Pesantes 2020). El presente trabajo de investigación desarrolla la propuesta de un biodigestor tubular para el tratamiento del efluente de un centro de beneficio cárnico en Celendín, como alternativa de manejo ambiental con la reducción de la carga orgánica y sólidos en las aguas residuales del efluente los que son vertidos a las alcantarillas.

En la ciudad de Celendín no existe un centro de beneficio cárnico (camal); sin embargo, todos los días se realiza la actividad del faenado de animales de abasto, generando gran cantidad de residuos sólidos y líquidos; los residuos líquidos van directamente al alcantarillado, aumentando la carga hídrica hacia la PTAR, poniendo en riesgo la salud de los pobladores y a los ecosistemas afectados directamente por estas actividades de faenado de animales de abasto en lugares inadecuados. De lo expuesto nace la presente investigación, como alternativa piloto para el tratamiento de efluentes de beneficio cárnico, teniendo a bien instalar un biodigestor de 7.2 m³, del tipo tubular; donde se hace ingresar el agua residual del efluente de un centro de beneficio cárnico (camal) de uso familiar “El Pilo”; en él se midieron los parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales; y los parámetros fisicoquímicos de campo, el potencial de hidrógeno y la temperatura, tanto del afluente como del efluente, determinando la eficiencia del biodigestor, para ello se operó con un tiempo de retención hidráulica de 45 días.

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos del efluente del beneficio cárnico, en Celendín?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos del efluente del beneficio cárnico, en Celendín.

1.2.2. Objetivos específicos

- Medir los parámetros de DBO, DQO y SST en el afluente y efluente del biodigestor tubular.
- Medir los parámetros fisicoquímicos de campo (pH y T°)

1.3. Hipótesis de la investigación

Ha: EL biodigestor tubular es eficiente en la remoción de carga orgánica y sólidos del efluente del beneficio cárnico, en Celendín.

H0: EL biodigestor tubular no es eficiente en la remoción de carga orgánica y sólidos del efluente del beneficio cárnico, en Celendín

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Antecedentes internacionales

Cubillos y Huertas (2018), con la tesis “Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la institución educativa agrícola Guacavia, Cumaral-Meta” concluyó que, el tratamiento que presentó la mayor eficiencia de remoción de materia orgánica teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos del estudio fue el correspondiente al tiempo de retención hidráulica de 8 días con la relación estiércol – agua 1:7, para el biodigestor tubular anaerobio a escala piloto, con porcentajes de remoción de 84,48% para SSED, 81,04% para SST, 86.5% para SSV, 84,57% para DBO y 88,74% para DQO, seguido de la relación estiércol-agua 1:10 para el tiempo de retención hidráulica de 8 días, con porcentajes de remoción del 78,88% para SSED, 78,17% para SST, 78,82% para DBO y 81,52% para DQO.

Suarez (2018), en su investigación titulada “Implementación de un biodigestor de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales de un frigorífico en Quito” en una de sus conclusiones menciona que la implementación de este sistema permitió un ahorro energético del 0,12%.

Aunque el rendimiento en la producción de biogás del sistema de biodigestores no era el esperado se logró disminuir la concentración de materia orgánica en un 70% aproximadamente.

Morales (2018), con su investigación “Evaluación experimental del potencial de producción de biogás a partir de aguas residuales procedentes del camal metropolitano de Quito” concluyó que las aguas residuales del camal Metropolitano de Quito tienen un consorcio bacteriano capaz de generar metano. Este consorcio puede acoplarse a temperatura ambiente (19 °C) y mesófila (37 °C). Las bacterias presentes en el efluente del reactor Lab 2 AME operados a 19 y 37 °C, son los que arrojaron el mayor valor de actividad metalogénica específica (AME) con 0,73 y 0,68 g DQO/g SV – día.

Toala (2013), con la tesis “Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica” luego de un análisis en el laboratorio se identificó los siguientes valores: sólidos totales 48,76%, materia orgánica 26,53%, carbono orgánico total 15.84%, nitrógeno total 1,323%, fósforo disponible 126,825 mg/Kg, humedad 51,24% y densidad 986,49 Kg/m³.

Osorio *et al.* (2007), en su investigación titulada “Evaluación de un sistema de biodigestión en serie para clima frío” concluyó con un sistema en serie en clima frío, con temperaturas promedio de 16°C y un tiempo de retención de 45 días, se pueden esperar remociones promedio de DBO, DQO y SST del 97.4%, 96.1% y 95.1% respectivamente, y pH a la salida cercanos a la neutralidad, cuyos resultados son un indicativo de alta eficiencia del sistema tanto en producción de biogás, como en remoción de carga contaminante.

Bolívar y Ramírez (2012), en su tesis “Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá” en la cual una de sus conclusiones establece que se protege al medio ambiente ya que se presenta una

remoción de la DBO y los sólidos suspendidos totales (SST) en un 60 – 90%. adicionalmente con la implementación de estos reactores se disminuyen significativamente los impactos ambientales al aprovechar la materia orgánica y reincorporarla al proceso en forma de energía y disminuyendo la utilización de combustibles fósiles.

Guerrero *et al.* (2011), en su investigación “Optimización de un biodigestor en la depuración de agua residual con estiércol de ganado bovino”, pudo concluir que los sólidos suspendidos totales tienden a disminuir con una remoción de 98.79% luego de un tiempo de retención de 25 días, la demanda química de oxígeno tiende a disminuir, en razón de la degradación de la materia orgánica con una remoción del 79.57%.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Arrieta (2016), con la tesis “Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado” concluye que de los tipos de biodigestores domésticos evaluados, el más adecuado, por ser el más económico y el que menos dificultades presenta, tanto para su instalación como para su operación, es el biodigestor tubular de plástico, así mismo en la investigación se demostró, que el dimensionamiento de la zanja donde se instala dicho biodigestor plástico, es un factor importante que se debe tener en cuenta para evitar la reducción del volumen líquido y la consecuente reducción del volumen de biogás producido.

Navarro (2015), con la tesis denominada “Producción de biogás en un biodigestor tubular a escala piloto utilizando estiércol del ganado vacuno de la universidad privada Los Andes” evaluó los parámetros de producción como la temperatura dentro del biodigestor, como ambiental con datos proporcionados por SENAMHI como $T_{\text{mínima}} = 1.4^{\circ}\text{C}$. $T_{\text{máxima}} = 22.2^{\circ}$, se analizó la densidad del estiércol que es de 0.271 gr./cm^3 para la fermentación adecuada para ver la influencia de un sistema semicontinuo y la necesidad de un sistema continuo de alimentación diaria para el funcionamiento óptimo del sistema teniendo en cuenta

la construcción y accesorios, el pH no teniendo que diferir en rango establecido no muy básico o muy ácido (pH = 6.5 – 7.5).

Pautrat (2010), con la tesis denominada “Diseño de biodigestor y producción de biogás con excremento vacuno en la granja agropecuaria de Yauris” concluyó que la temperatura promedio de funcionamiento del biodigestor fue de 20,5 °C, del invernadero fue de 14,45 °C a horas 8,48 a.m. en promedio y de 26,69 °C a horas 4,33 p.m. en promedio y del ambiente fue de 5,24 °C a horas 8,48 en promedio y de 13,82 °C a horas 4,33 p.m. en promedio. El pH promedio del lodo del biodigestor fue de 6,9. La producción de gas desde el día 10/02/2009 al 30/06/2009 fue en promedio total de 0,559 L de biogás/día con 3 m³ de lodo en el biodigestor y por lo tanto se logró una producción de 0,186 L de biogás/m³ de lodo/día.

2.2.3. Antecedentes locales

Basauri y Terrones (2018), en su investigación “Producción de biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Cajamarca. Instaló y operó el biodigestor tubular anaeróbico con una carga de 20 Kg diarios por un periodo de 30 días. Al finalizar el periodo de tiempo, se obtuvo un resultado de 0.000336 m³ (0.336 litros) de biogás, por lo que se concluyó que, si es una alternativa altamente eficiente para ser considerada en los planes de manejo ambiental, de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca, pero Económicamente no es rentable su producción por su alto costo de producción y la cantidad de biogás producido. Se deben considerar otros aspectos (Climáticos, tecnológicos, técnicos, entre otros) para optimizar los resultados.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Biodigestor tubular

Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (Martí 2008), consiste básicamente en un contenedor o recipiente herméticamente cerrado (denominado reactor o fermentador anaeróbico) (Arrieta 2016), diseñado para propiciar un ambiente adecuado a las bacterias que degradan la materia orgánica convirtiéndolo finalmente en biogás y dejando efluentes utilizados como fertilizantes agrícolas (Villanueva 2013).

Los biodigestores tubulares se componen de un tubular en material plástico (polietileno, PVC, plastilina, entre otros, y una combinación de éstos) completamente sellado, la entrada y la salida están sujetas directamente a las paredes de la planta. La parte inferior de la planta, en un 75% del volumen constituye la masa de fermentación, y en la parte superior, el 25% restante, se almacena el biogás. Este tipo de planta se recomienda para aquellos sitios donde predominan las temperaturas altas y constantes (Guardado 2007).

Es un depósito completamente hermético, en el que se dispone el estiércol de animales, el cual se fermenta mediante un proceso anaerobio (ausencia de oxígeno), en donde las bacterias se encargan de consumir el carbono y el nitrógeno. En consecuencia, se obtiene biogás, constituido por metano (55 a 70%), anhídrido carbónico (35 a 40%), nitrógeno (0,5 a 5%) y sulfuro de hidrógeno (0 a 30%) e hidrógeno (0 a 1%) (Herrera y González 2005; Gómez 2012), que puede ser usado en actividades antrópicas ya sea para cocción de alimentos, calefacción e iluminación. Por otra parte, resulta el efluente denominado biofertilizante (biol) que contiene nutrientes (nitrógeno amoniacal, fósforo, potasio y calcio) que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas (Esprella y Lira 2012).

2.2.2. Características del biodigestor

Este está conformado por una poza de entrada, que es donde se deposita el estiércol y los residuos de biomasa; el biodigestor, que son las bolsas donde se realiza el proceso y la salida que va conectada al depósito de biol; la salida de biogás, ubicada en la parte superior va conectada a un reservorio donde se almacena el biogás para su posterior uso en cocinas o pequeñas lámparas a gas (Ministerio de agricultura 2011). Estos biodigestores se construyen con silo bolsa que se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, y de requerir solo de materiales locales para su construcción (Potschka 2012).

Cálculos para el diseño del biodigestor tubular

La cantidad de bazofia y mezcla utilizadas, así como las medidas del biodigestor fueron calculadas previamente a su construcción, como veremos a continuación según Martí (2008).

1. Determinar la cantidad de contenido ruminal que se va a utilizar para la producción de biogás, en Kg.
2. Estimamos el tiempo de retención en días.
 - Calculamos el volumen del biodigestor que contiene un 75% de volumen liquido (V_L), un 25% de volumen gaseoso (V_g) y la relación de bazofia - agua será de 1:3
 - Según la siguiente fórmula se calcula el volumen liquido (V_L):

$$V_L = Cd * Tr$$

Donde:

Cd : Carga diaria.

Tr : Tiempo de retención.

- Luego calculamos el volumen gaseoso (V_g) según la siguiente formula:

$$V_g = V_L / 3$$

Donde:

V_g : Volumen gaseoso

V_l : Volumen líquido

- Finalmente, el volumen del biodigestor (V_b) será la suma de volúmenes:

$$V_b = V_l + V_g$$

Donde:

V_b : Volumen del biodigestor

V_g : Volumen gaseoso

V_l : Volumen líquido

3. Luego de haber calculado el volumen, procedimos a calcular la longitud del biodigestor, ya que este es una manga de plástico amarrada por ambos extremos a una entrada y una salida. El volumen total de este manga equivale al volumen de un cilindro (en metros cúbicos) que se calcula multiplicando $\pi \times r^2 \times L$, siendo $\pi=3.1416$, r el radio del tubo (en metros) y L la longitud del biodigestor (en metros). Lo normal es primero obtener los resultados de $\pi \times r^2$ (sección eficaz) para cada uno de los anchos de rollos disponibles.

2.2.3. Interacciones microbianas en la fermentación anaerobia

Hidrólisis

Este término indica la conversión de compuestos orgánicos complejos e insolubles (lípidos, proteínas y carbohidratos) en otros compuestos más sencillos y solubles en agua. Esta etapa es fundamental para suministrar los compuestos orgánicos necesarios para la estabilización anaeróbica en forma que pueden ser utilizados por las bacterias responsables de las dos etapas siguientes (García 2009).

Acidogénesis

Las bacterias ácido génicas pueden ser anaerobias estrictas o facultativas. Entre las bacterias ácido génicas aisladas se encuentran: *Clostridium spp*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp*, *Desulphovibrio spp*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphilococcus*, y *Escherichia coli* (Espinosa 2011).

Acetogénesis

Las bacterias acetogénicas son microorganismos que viven en estrecha colaboración con las Archaeas metano génicas. Estos microorganismos son capaces de transformar los ácidos grasos resultantes de la etapa anterior en los sustratos propios de la metanogénesis (acetato, dióxido de carbono e hidrógeno) (García 2009).

Metanogénesis

En esta etapa metabólica el CH_4 es producido a partir del ácido acético o de mezclas de H_2 y CO_2 , pudiendo formarse también a partir de otros sustratos tales como ácido fórmico y metanol. El rol de las bacterias metano génicas se define por el tipo de sustrato disponible (Lorenzo *et al.* 2005).

2.2.4. Parámetros de funcionamiento para el biodigestor tubular.

Temperatura

El rango de temperatura en el que se puede producir el proceso de biodigestión es bastante amplio, entre 10 y 55 °C. Según la temperatura, los biodigestores y los procesos pueden agruparse dentro de tres grupos principales: (MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF 2019)

- Psicrófilicos: operan en un rango de 10 a 25 °C.
- Mesófilicos: operan en un rango de 25 a 40 °C.
- Termófilicos: operan en un rango de 40 a 55 °C.

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH puede variar como consecuencia de las características de la mezcla que ingresa al biodigestor y debido a los procesos que ocurren allí dentro (por ejemplo, acidosis). El óptimo es entre 5.5 y 6.5 para ácido génicos y entre 7.8 y 8.2 para metano génicos. El pH óptimo para cultivos mixtos se encuentra en el rango entre 6.8 y 7.4, siendo el pH neutro el ideal (Venaro 2002).

2.2.5. Relación sólido líquido

La relación estiércol - agua es muy importante para la degradación anaeróbica, pues determina el grado de humedad dentro del biodigestor Toala (2013). Para el caso de los biodigestores tipo laguna se podrá considerar hasta una relación mínima agua sólidos de 3:1 y máxima de 9:1. Para el caso de que el sistema de manejo de excretas y estiércoles, establezca una relación de sólidos mayor, se propondrán aquellos diseños de biodigestores o equipamientos adicionales que garanticen la óptima producción de biogás dentro del Biodigestor (sistemas de recirculación y/o calentamiento, entre otros) (Semarnat y Sagarpa 2010).

2.2.6. Relación C/N

Como regla general, se plantea que el contenido C: N:P debe ser cercano a 100: 1.75: 0.20 en base a la demanda química de oxígeno (DQO). En muchas ocasiones, se puede lograr un buen balance mezclando diferentes residuos (Briseño, 2017). Sin embargo, el carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas el carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno se utiliza para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1 (MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF 2019).

Tabla 1. Relación carbono / nitrógeno

Materiales	% C	% N	C/N
Residuos animales			
Bovinos	30	1.30	25:1
Equinos	40	0.80	50:1
Ovinos	35	1.00	35:1
Porcinos	25	1.50	16:1
Caprinos	40	1.00	40:1
Conejos	35	1.50	23:1
Gallinas	35	1.50	23:1
Patos	38	0.80	47:1
Pavos	35	0.70	50:1
Excretas humanas	2.5	0.85	3:1

Fuente: Tomado de PNUD; FAO; GEF 2011.

2.2.7. Tiempo de retención hidráulica

El TRH describe el período de tiempo teórico durante el cual los sustratos permanecen en el digester (González 2019). De esta manera, si se empieza a cargar diariamente el biodigester, inicialmente vacío, con un volumen Q afluente (m³ / día) de la mezcla biomasa y agua, tardará tantos días en llenarse como el tiempo de retención considerado. Por lo tanto, en el día “TRH + 1 día”, al cargar con Q afluente, el biodigester se desbordará y se obtendrá un volumen de salida igual al de entrada: Q efluente = Q afluente (Arrieta 2016). En la investigación se trabajó con un tiempo de retención hidráulica de 45 días, luego de este tiempo se tomaron muestras cada 15 días.

2.2.8. Norma legal aplicable a los vertimientos de aguas residuales

Los valores máximos permisibles para la descarga de aguas residuales no domesticas en la red de alcantarillado dado por la normativa nacional – DS N° 021 – 2009 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento en el 2009, muestran los siguientes valores:

Tabla 2. Norma legal aplicable a los vertimientos de aguas residuales

Parámetros	Unidades	Expresión	VMP para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda química de oxígeno	mg/L	DQO	1000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	DBO	500
Sólidos sedimentables	mg/L	SS	500
pH	unidades	pH	6-9
Temperatura	C°	T	<35

Fuente: Tomado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, decreto supremo N° 021-2009-VIVIENDA

2.3. Definición de términos básicos

Digestión anaerobia: Fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "lodo" que contiene los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. La materia prima preferentemente utilizada para ser sometida a este tratamiento es cualquier biomasa residual que posea un alto contenido en humedad, como restos de comida, restos de hojas y hierbas al limpiar un jardín o un huerto, residuos ganaderos, lodos de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas y aguas residuales domésticas e industriales.

Camal: Lugar donde se sacrifican animales para el consumo humano. La finalidad de un camal es producir carne preparada de manera higiénica y técnica mediante la manipulación humana de los animales desde su llegada al camal hasta que es adquirida por el consumidor final mediante el empleo de técnicas higiénicas para el sacrificio de los animales, la preparación y los canales de distribución mediante estrictos de operaciones limpias.

pH: La determinación del pH en agua residuales es un parámetro importante, pues determina la calidad de la misma. Existe un intervalo de pH óptimo para el desarrollo de la vida que se encuentra entre 6,5 a 8,5, si este es alterado, provocará una acidez o basicidad de la misma que producirá la muerte de la vida acuática.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Es el parámetro de contaminación orgánica más ampliamente utilizado. Se define como la velocidad a la que los microorganismos y los productos químicos utilizan el oxígeno del agua residual en el proceso de la oxidación bioquímica de la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas.

Demanda química de oxígeno (DQO): Es una medida de la capacidad del agua para consumir oxígeno durante la descomposición de la materia orgánica y la oxidación de sustancias químicas inorgánicas como amoníaco y nitrito.

Temperatura: Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Sólidos suspendidos: Son un tipo de solidos no sedimentables que son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo de investigación está ubicado en el barrio Pallac a una altura de 2 610 m.s.n.m y a 6° 51' 02" Sur, y a 78° 08' 48" Oeste del distrito de Celendín, provincia Celendín, departamento Cajamarca.

La instalación del biodigestor tubular está ubicado aproximadamente a ciento cincuenta metros de la planta de beneficio cárnico “El Pilo”

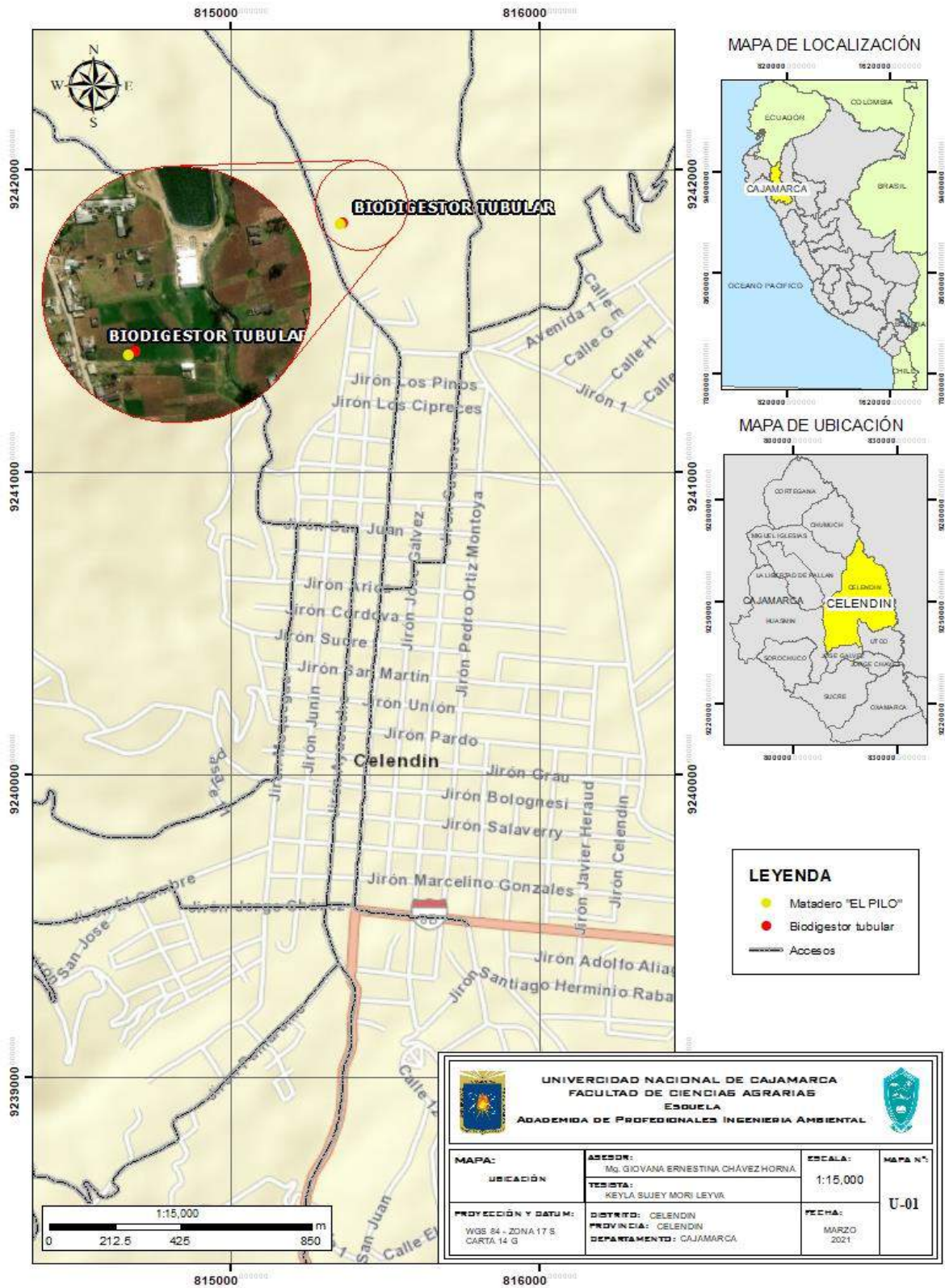


Figura 1. Ubicación del trabajo de investigación.

3.1. Materiales y equipos

3.1.1. Material experimental

- Efluente de beneficio cárnico
- Efluente del biodigestor tubular

3.1.2. Equipos

- GPS Garmin Map 64S marca CivilTEC.
- Multiparámetro marca OAKTON modelo RS Instructivo de calibración.

3.1.3. Material de campo

- Botas de jebe
- Mascarilla
- Guantes
- Libreta de campo
- Marcador de tinta indeleble
- Plástico resistente

- Paja

- Wincha

- Palanas

- Reducción PVC de 1" a 1/2"

- Unión mixta de 1"

- Tubería PVC de 1"

- Adaptadores PVC de 1/2"

- Unión universal PVC de 1/2"

- Palos de madera (2 m de longitud y 10 cm de diámetro)
- Tubería PVC de 1/2"
- Cinta teflón
- Tee PVC de 1/2" roscada
- Llave de paso PVC de 1/2" roscada
- Botella de plástico vacía de 1.5 lt
- Cemento PVC
- Tiras de jebe
- Liga de neumático
- Tubería de PVC de 6"
- Plástico polietileno tubular grueso
- Tubería de PVC de 4"
- Reducción PVC de 4" a 2"
- Adaptador PVC mixto de 2"
- Codo PVC de 4" de 90°
- Llave de paso PVC roscada de 2"
- Tubería PVC de 3"
- Tapones PVC de 3"

3.1.4. Materiales de escritorio

- Laptop

- Impresora multifuncional
- Memoria USB
- Papel Bond A4
- Lapiceros

3.2. Trabajo de campo

3.2.1. Instalación del biodigestor tubular

Se instaló un biodigestor tubular como plan piloto en el barrio Pallac, distrito de Celendín; para determinar las dimensiones del biodigestor, se realizaron los cálculos teniendo en cuenta la metodología de diseño expuesta por Martí (2008). (Anexo 7.2.)

Dimensiones

Para obtener las dimensiones del biodigestor tubular tendremos en cuenta la metodología de Martí (2008), es necesario determinar los siguientes valores:

Volumen del reactor

Es el volumen líquido V_L del reactor, que determina el volumen total del reactor, depende del tiempo de retención que puede estar entre 30 a 45 días para la digestión anaerobia de la materia orgánica (Olaya y González 2009) y de la carga diaria (expresada L o m^3) en una relación de estiércol-agua de lavado 1:3 (Herrero 2008):

$$Volumen\ líquido\ (VL) = CD \times TRH$$

Donde:

VL: Volumen líquido

CD: Carga diaria 120 L

TRH: Tiempo de retención hidráulica

- Resultando un valor líquido de 5 400 L equivale a 5.4 m³

El biogás producido durante el proceso de digestión se acumula en la parte superior del biodigestor, donde va formar una campana de biogás. El volumen gaseoso suele ser igual a un tercio del volumen líquido:

$$VG = \frac{VL}{3}$$

Donde:

VG: Volumen gaseoso

VL: Volumen líquido

- Obteniendo un resultado de 1 800 L equivale a 1.8 m³

El volumen total es la suma de volumen líquido más el volumen gaseoso (VL + VG):

$$VT = VL + VG$$

Donde

VT: Volumen total

VG: Volumen gaseoso

VL: Volumen líquido

- De forma que el volumen total es de 7 200 L equivale a 7.2 m³

Longitud del biodigestor: La longitud es igual al volumen total sobre la sección eficaz.

$$\text{Longitud del biodigestor (L)} = \frac{VT}{\pi \times r^2}$$

Donde:

L: Longitud de biodigestor

VT: Volumen total

r: 0.63 m.

- La longitud del biodigestor es de 5.7 metros. El radio es la medida que se obtiene de la medida del ancho del rollo.

Finalmente se consideró construir una zanja en forma trapezoidal para encajar el biodigestor, una vez realizada esta actividad, se coloca un plástico protector que tiene la función de revestir toda la zanja e impedir el ingreso de agua o humedad; sobre este se coloca una capa de paja u otro material similar de 20 cm de altura.

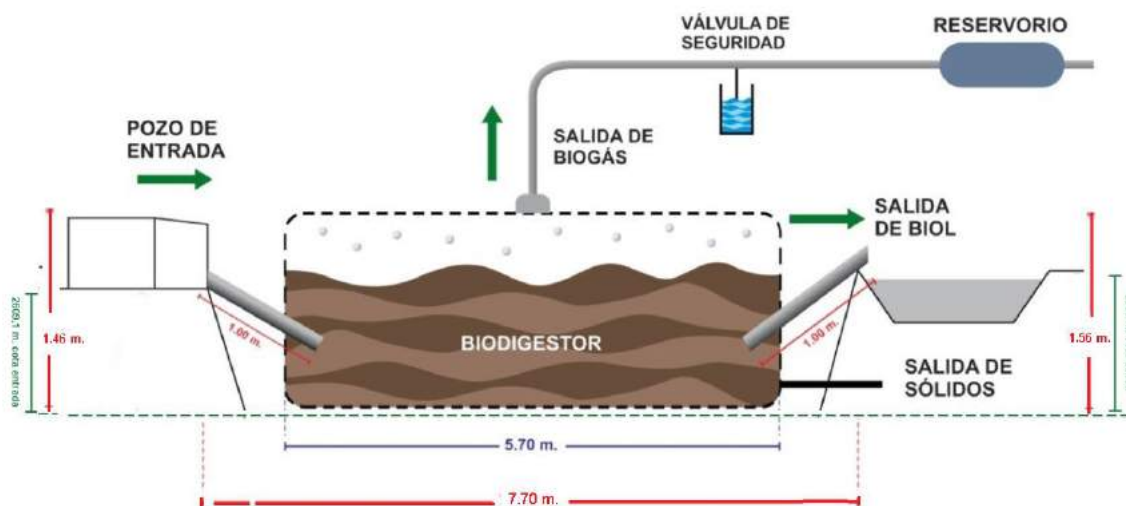


Figura 2. Dimensiones del biodigestor tubular y zanja

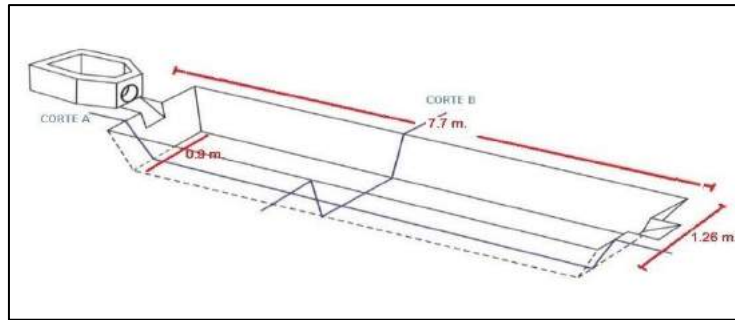


Figura 3. Dimensiones de la zanja para el biodigestor tubular

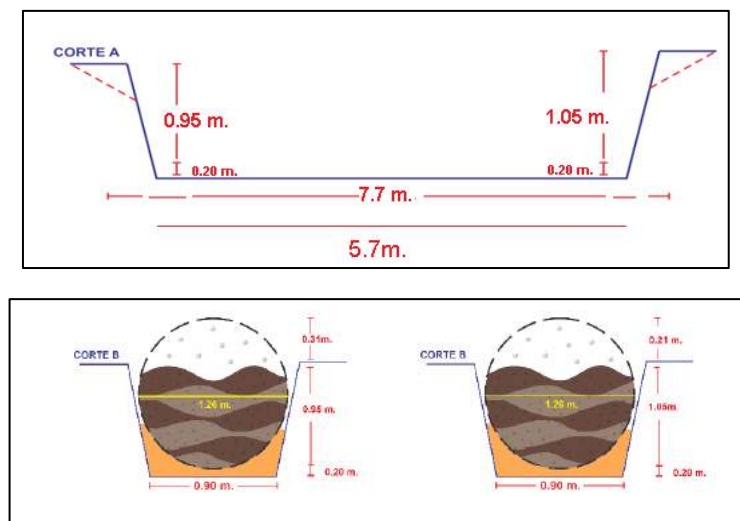


Figura 4. Dimensiones corte A y corte B de la zanja para el biodigestor tubular

Tabla 3. Resumen de las dimensiones del biodigestor tubular

Dimensiones de un biodigestor de volumen total de 7.2 m³	
Carga diaria	0.12m ³
Tiempo de retención	45 días
Volumen líquido	5.4 m ³
Volumen gaseoso	1.8 m ³
Volumen total	7.2 m ³
Ancho del rollo	1.26 m
Longitud del biodigestor	5.7 m
Ancho inferior de zanja	0.9 m
Ancho superior de zanja	1.26 m
Profundidad de zanja entrada	0.95 m
Profundidad de zanja salida	1.05 m
Longitud de la zanja	5.7 m

3.2.2. Operación del biodigestor tubular

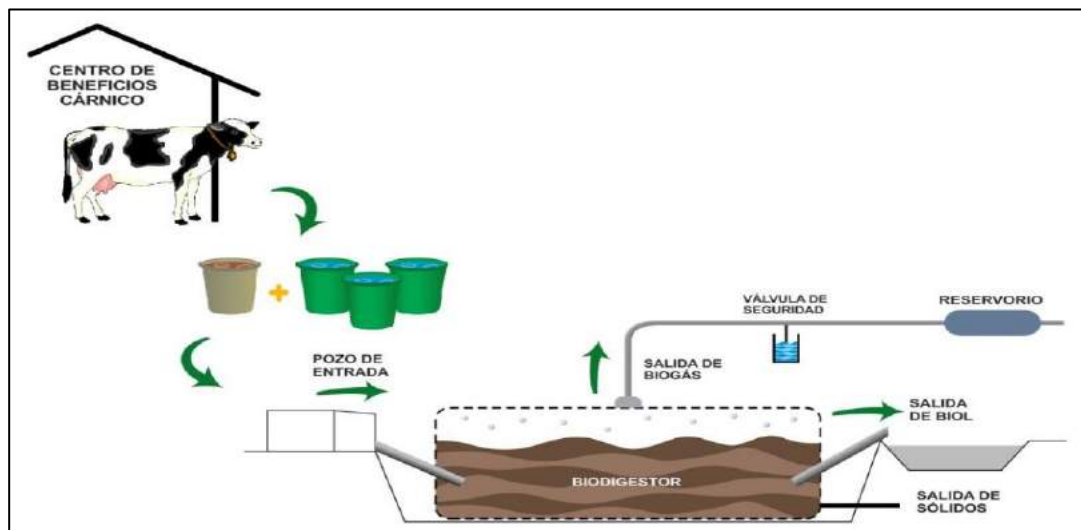


Figura 5. Diagrama de operación del biodigestor tubular

3.2.2.1. Carga del biodigestor

La carga del biodigestor es de rumen mezclada con agua residual del centro de beneficio cárnico 120 L de carga diaria, de esta manera que 30 L es rumen y 90 L es de agua del efluente de beneficio cárnico.

3.2.2.2. Puntos y frecuencia de muestreo

Para determinar la eficiencia del biodigestor tubular se tomó muestras del afluente (entrada del biodigestor) y efluente (salida del biodigestor tubular), cada quince días por un periodo de 4 meses y quince días, empezando el 45avo día que es el tiempo de retención hidráulica inicial y evaluando hasta el 180avo día, tiempo en que concluye las evaluaciones del biodigestor tubular.

En cada punto de muestreo se realizó los análisis de parámetros de campo (pH y temperatura) y la toma de muestra para los análisis, en el Laboratorio Regional del Agua acreditado por INACAL-DA con registro N°LE-084, de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales.

Tabla 4. Descripción de frecuencia de muestreo.

Punto de monitoreo	Parámetro de campo		Frecuencia	Parámetro de laboratorio			Frecuencia
	T°	pH		DBO	DQO	SST	
Afluente	SI	SI	Cada 7 días (4 meses y quince días)	SI	SI	SI	Quincenal (4 meses y quince días)
Efluente	SI	SI		SI	SI	SI	

3.2.2.3. Técnicas de análisis de datos en campo.

Se midió los parámetros fisicoquímicos pH y T° una vez por semana durante cuatro meses y quince días, a partir de los 45 días que es el tiempo de retención hidráulica inicial.

Tabla 5. Parámetros de campo

Parámetro	Unidad	Técnica	Equipo
Potencial de hidrógeno	Unidad	Instrumental	Multiparámetros
Temperatura	°C	Instrumental	Multiparámetros

A fin de obtener la confiabilidad de los datos se tuvo en cuenta:

- Las lecturas de los valores se registraron de forma inmediata, luego de tomada la muestra.
- Las mediciones fueron registradas en el formato de registro de datos de campo.
- Se limpió los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso, a fin de evitar posibles alteraciones de los resultados, contaminaciones y deterioro de instrumentos.

3.2.2.4. Análisis de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales.

Los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales, fueron evaluados en un laboratorio acreditado con la ISO/IEC 17025, laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, para ello se siguió el siguiente procedimiento:

- Se realizó el etiquetado o rotulación de los frascos antes de la toma de muestras de agua.

- Se hizo uso de guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua residual y luego fueron desechados al término del muestreo en cada punto.
- Luego se registró en el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, número de muestras y otra información relevante.
- Las muestras de agua residual recolectadas y rotuladas, se colocaron en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (Ice pack), para cumplir con la recomendación de temperatura indicada.
- Se envió las muestras perecibles (DBO, DQO y SST) al laboratorio para su análisis, cumpliendo con el tiempo establecido en las recomendaciones para la preservación y conservación, éstas fueron acompañadas de su respectiva cadena de custodia.

Tabla 6. Requisitos para la toma de muestras de agua y preservación

Parámetro	Recipiente	Volumen de muestra	Tipo de matriz	Preservación
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	Plástico	1000 mL	Agua industrial	Sin preservación
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Plástico	500 mL	Agua industrial	Agregar 25 gotas de H ₂ SO ₄
Sólidos Suspendidos Total	Plástico	1000 mL	Agua industrial	Sin preservación

Fuente: Tomado de DIGESA 2009

Tabla 7. Métodos de ensayo usados para la determinación de los parámetros

Ensayo	Unidad	Método de ensayo utilizados
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	mgO ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Total	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C

Fuente: Tomado de Laboratorio del Agua- Cajamarca 2019.

3.3. Trabajo de gabinete

3.3.1. Cálculo del promedio de los valores obtenidos en laboratorio

Se procedió a calcular el promedio de los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST), para el afluente y efluente del biodigestor tubular. Para lo cual se utilizó la fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

\bar{x} : Promedio aritmético

x : Valor individual

n : Número de dato

3.3.2. Cálculo del porcentaje de remoción.

Se procedió a calcular el porcentaje de remoción teniendo en cuenta los parámetros analizados, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos

suspendidos totales (SST), para determinar la eficiencia del biodigestor tubular, basado en la fórmula:

$$\text{Eficiencia de remoción \%} = \frac{(\text{Carga cont. entrada} - \text{Carga cont. de salida})}{\text{Carga cont. de entrada}} \times 100$$

3.3.3. Cálculo de análisis de varianza.

Se utilizó el análisis de varianza, para contrastar la hipótesis en estudio, evaluando el efecto del tratamiento realizado por el biodigestor tubular en el centro del beneficio cárnico de Celendín.

Tabla 8. Análisis de varianza

FUENTE	GL	SC	CM	F₀
Tratamientos (T)	SC _T	T - 1 = 1	M1	M ₁ /M ₂
Error	SC _{Error}	N - T = 18	M2	
Total	SC _{Total}	N - 1 = 19		

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficiencia de remoción de carga orgánica y sólidos

4.1.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La figura 6, muestra la eficiencia del biodigestor tubular en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno del efluente del beneficio cárnico, de Celendín.

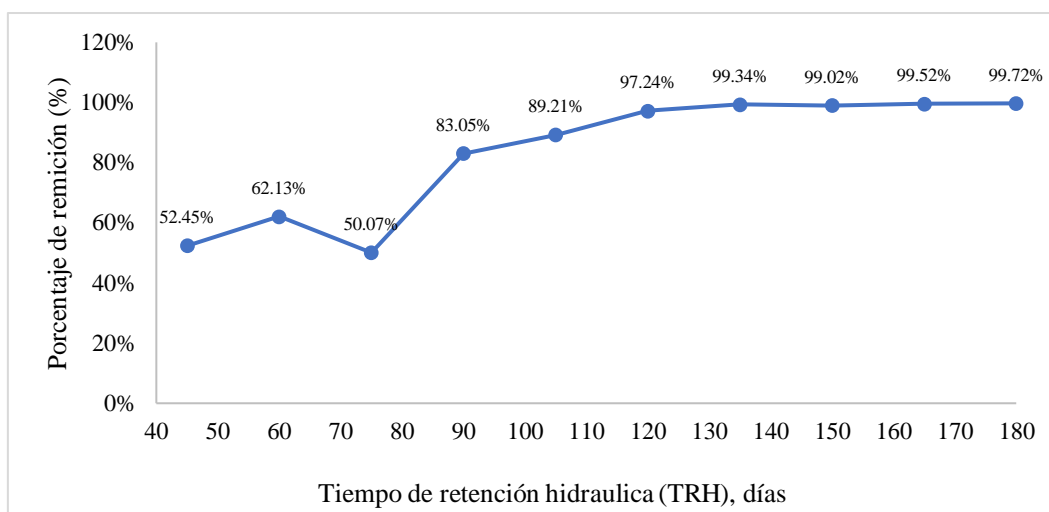


Figura 6. Eficiencia de remoción a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Los porcentajes de remoción fueron tomados a partir de los 45 días que es el tiempo de retención hidráulica y la evaluación de la eficiencia en la remoción máxima de la demanda bioquímica de oxígeno es de 99.72% en un tiempo de 180 días, Cubillos y Huertas (2018) al implementar un biodigestor tubular anaerobio para tratar aguas residuales porcinas alcanzó el porcentajes de 84,57% en un tiempo de retención hidráulica de 8 días para la demanda

bioquímica de oxígeno, y el estudio elaborado por Suarez (2018) quien utilizó la implementación de un biodigestor de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales de un frigorífico logró disminuir la concentración de la materia orgánica en un 70% en un tiempo de retención de 45 días, corroborando la eficiencia de eliminación de carga orgánica de estos sistemas de tratamiento de agua residual a través de los porcentajes de remoción. La notable y óptima remoción lograda por el biodigestor tubular es notoria, se puede afirmar que a más tiempo de retención hidráulica existe mayor tratamiento anaerobio y la eficiencia aumenta, teniendo en cuenta la temperatura, que fue favorable para el presente sistema.

Comprobación de la hipótesis para la DBO

Ha: El biodigestor tubular es eficiente en la remoción de DBO del efluente del beneficio cárnico.

H0: El biodigestor tubular no es eficiente en la remoción de DBO del efluente del beneficio cárnico.

Teniendo claro la hipótesis planteada para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el análisis estadístico Tabla 10, muestra un coeficiente de variabilidad de 23% (baja variabilidad), demostrando la eficiencia del biodigestor tubular en el tratamiento del efluente del beneficio cárnico, en Celendín, aceptando la hipótesis y rechazando la hipótesis nula.

Tabla 9. Análisis de varianza para el indicador demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado (Fc)	F tabular (Ft)	Probabilidad (p < 0.05)	Significancia
Tratamiento	62349.01	1.00	62349.01	60.46	4.41	0.00	***
Error	18562.88	18.00	1031.27				
Total	80911.88	19.00					

CV = 23 %

*** Altamente significativo

El análisis de varianza, muestra que el tratamiento con respecto al indicador de DBO, es altamente significativo; es decir el tratamiento dado por el biodigestor al efluente del beneficio cárnico es altamente efectivo, aceptando la hipótesis alterna la cual menciona que el biodigestor tubular es eficiente en la remoción de DBO del efluente del beneficio cárnico. El coeficiente de variabilidad determinado para este indicador, muestra que los datos obtenidos, según el tiempo de retención hidráulica son heterogéneos; es decir existe una variabilidad en el tratamiento con el pasar de los días, pero es una variabilidad baja y aceptable.

4.1.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

La figura 8, muestra la eficiencia del biodigestor tubular en la remoción de la demanda química de oxígeno del efluente del beneficio cárnico, de Celendín.

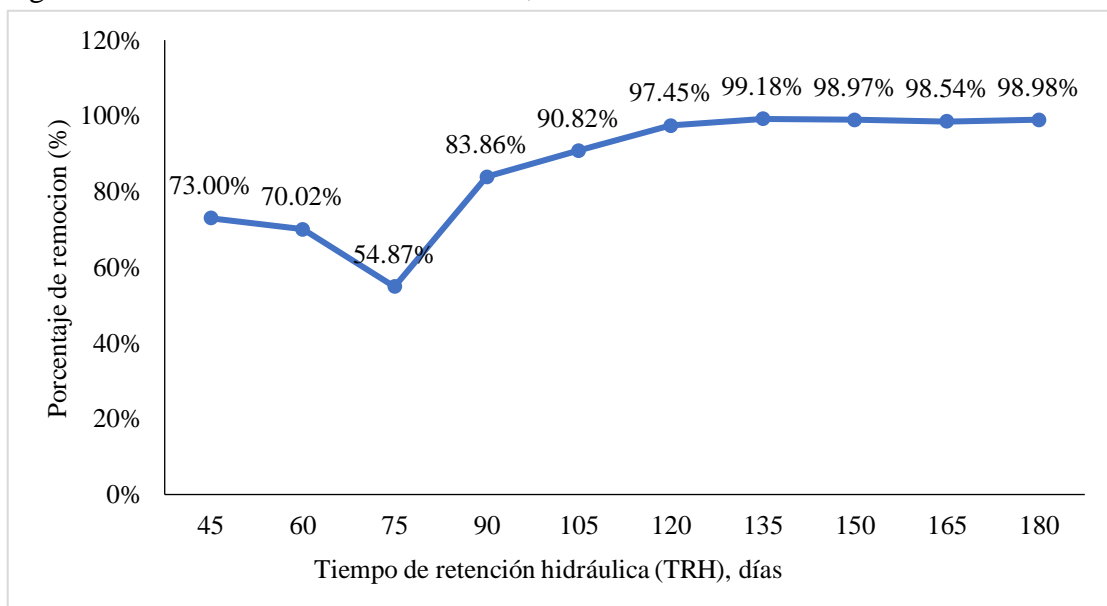


Figura 7. Porcentaje de remoción a la demanda química de oxígeno (DQO)

Los porcentajes de remoción de carga orgánica en el parámetro DQO, muestran la eficiencia de remoción del biodigestor tubular. A los 60 y 75 días la DQO del efluente del beneficio cárnico la disminución disminuye significativamente, según Toscano (2016) esta reducción refleja pérdida de la biomasa activa ingresada al sistema consumida por los microorganismos en condiciones favorables, ya que la DQO representa el contenido orgánico total de la materia biodegradable; sin embargo, a partir de los 90 días, la remoción de DQO por el biodigestor

tubular se incrementa llegando al valor máximo de remoción de 98.98%, Osorio *et al.* (2007), quien en su investigación logra un porcentaje de remoción de 96.1% de demanda química de oxígeno. Cubillos y Huertas (2018), presentó la mayor eficiencia de remoción de materia orgánica teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos del estudio fue el correspondiente al tiempo de retención hidráulica de 8 días, obteniendo porcentajes de remoción entre 88,74% y 81,52% para DQO. Basauri y Torres (2018) menciona que el tiempo de retención hidráulica es fundamental para el proceso de ocurrido dentro del biodigestor, aclaran que después de la instalación del biodigestor, se tardará el tiempo de retención antes de que se pueda gozar de los productos del biodigestor. El tiempo de retención se encuentra estrechamente relacionada con la temperatura, el mezclado y la tecnología del biodigestor.

Comprobación de la hipótesis para la DQO

Para la demanda química de oxígeno se tiene la siguiente hipótesis específica

Ha: El biodigestor tubular es eficiente en la remoción de DQO del efluente del beneficio cárnico.

H0: El biodigestor tubular no es eficiente en la remoción de DQO del efluente del beneficio cárnico.

El análisis estadístico Tabla 11, muestra un coeficiente de variabilidad de 17%, demostrando la eficiencia del biodigestor tubular en el tratamiento del efluente del beneficio cárnico, en Celendín. Este coeficiente de variación indica que existe poca inconstancia en los resultados (baja variabilidad); es decir, los datos obtenidos con el tratamiento sobre el porcentaje de remoción de demanda química de oxígeno logrado, según el TRH son progresivo.

Tabla 10. Análisis de varianza para el indicador demanda química de oxígeno (DQO)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc	Ft	Probabilidad (p < 0.05)	Significancia
Tratamiento	62311.10	1.00	62311.10	60.42	4.41	0.00	***
Error	18562.72	18.00	1031.26				
Total	80873.82	19.00					

CV = 17 %

*** **Altamente significativo**

Al verificar que el f calculado es mayor al f tabular, Tabla 11, determinamos que el tratamiento es altamente significativo para el indicador de DQO, esta información es respaldada al obtener un valor probabilístico igual a 0 ($p < 0.05$); demostrando estadísticamente que el tratamiento efectuado con el biodigestor tubular es eficiente proporcionándonos altos porcentajes de remoción de DQO y a la vez aceptando la hipótesis alterna, es decir, el biodigestor tubular es eficiente en la remoción de DQO del efluente del beneficio cárnico.

4.1.3. Sólidos suspendidos totales

En la figura 10 se muestra la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales del biodigestor tubular en el efluente del beneficio cárnico El Pilo.

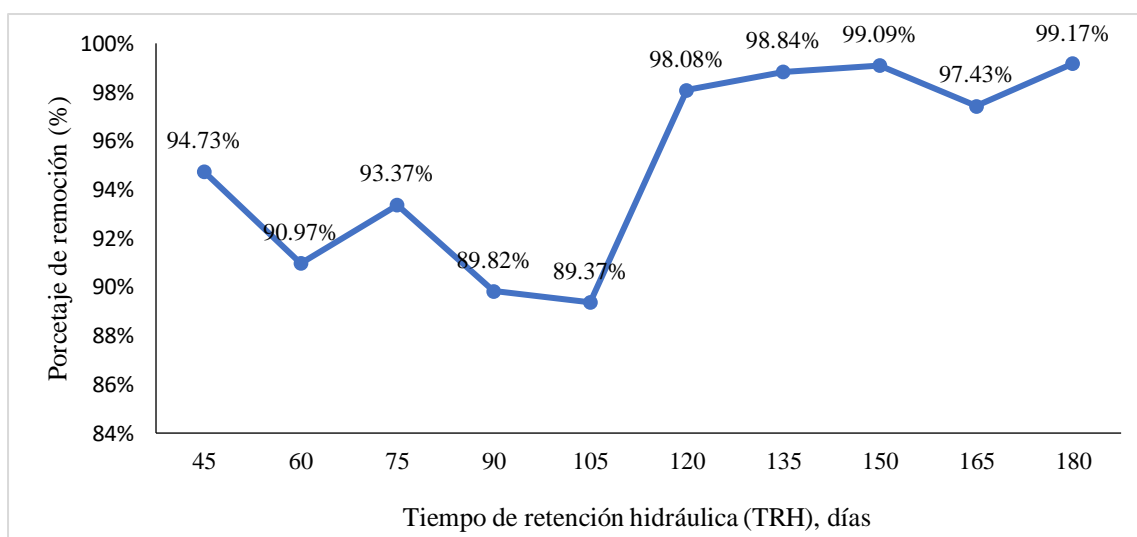


Figura 8. Eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales (SST)

Los porcentajes de remoción de carga orgánica en el parámetro sólidos suspendidos totales, a los 45 días se logra un 94.73%, sin embargo, podemos observar que las remociones no son

estables, gran parte de estos son sólidos, son la materia prima para la producción del biogás, y en la medida que la producción de biogás sea mayor, mayores serán los porcentajes de remoción (Martínez 2015), a mayor cantidad de agua presente en la muestra menor será la cantidad de sólidos que se obtendrán en el proceso de decantación al interior del sistema, y estos serán los que a largo plazo se convertirán en lodos que pueden colmatar el biodigestor. Adicionalmente, se denota una disminución de los valores de salida con respecto a los de entrada, debido a que según Wong y Jiménez (2010) esta remoción corresponde a que estos sólidos son los que sirven de alimento a los microorganismos responsables de la biodigestión. El valor máximo de remoción es de un porcentaje de 99.17% y el valor mínimo de remoción es de 89.37%, lo que concuerda con Guerrero *et al.* (2011) quien pudo concluir que los sólidos suspendidos totales, tienden a disminuir con una remoción de 98.79%, en la depuración de aguas residuales con estiércol de ganado bovino. Bolívar y Ramírez (2012) en su propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá, presenta una remoción del 90% en los sólidos suspendidos totales (SST). La notable y óptima remoción de sólidos suspendidos totales se puede atribuir a la actividad microbiana anaerobia propia del biodigestor tubular.

Comprobación de la hipótesis para los sólidos suspendidos totales

Ha: El biodigestor tubular es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales del efluente del beneficio cárnico.

H0: El biodigestor tubular no es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales del efluente del beneficio cárnico.

Al realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos, del indicador sólidos suspendidos totales, se determinó un coeficiente de variabilidad de 4%, indicando que existe poca

variabilidad (muy baja variabilidad) en los datos, demostrando la eficiencia del biodigestor tubular en el tratamiento del efluente del beneficio cárnico, en Celendín.

Tabla 11. Análisis de varianza para el indicador sólidos suspendidos totales (SST)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc	Ft	Probabilidad ($p < 0.05$)	Significancia
Tratamiento	62216.05	1.00	62216.05	60.33	4.41	0.00	***
Error	18562.51	18.00	1031.25				
Total	80778.56	19.00					

CV = 4 %

***** Altamente significativo**

Al realizar el análisis probabilístico ($p < 0.05$), muestra una alta significancia en el tratamiento, del mismo modo este resultado es respaldado al analizar que el F calculado es mayor que el F tabulado, demostrando estadísticamente que el tratamiento es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales y aceptando la hipótesis alterna, el biodigestor tubular es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales del efluente del beneficio cárnico.

4.2. Concentración de constituyentes

4.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno

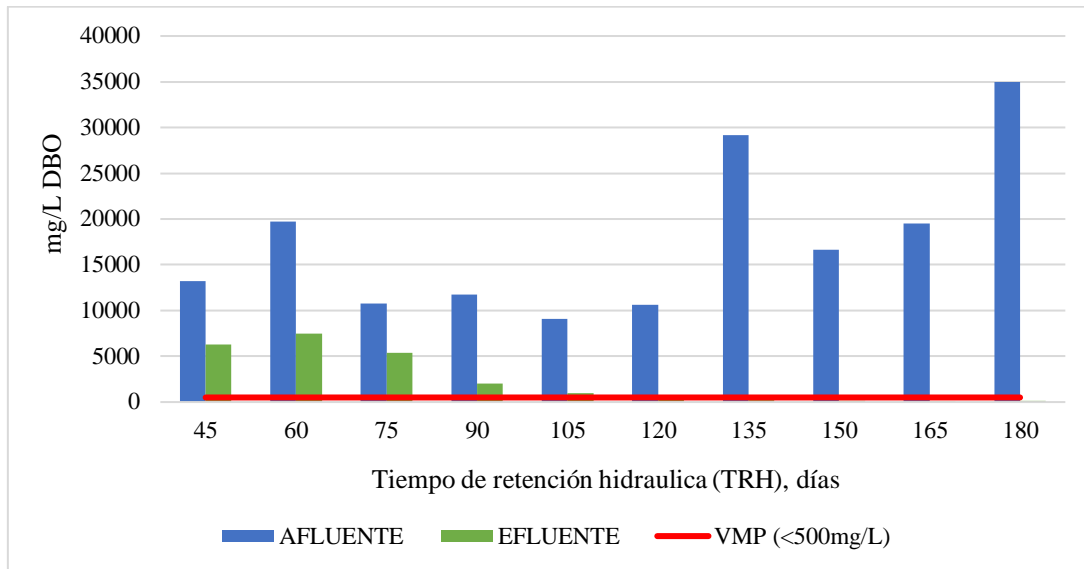


Figura 9. DBO en el afluente y efluente del biodigestor tubular

La figura 7, muestra los datos del análisis de laboratorio del indicador demanda bioquímica de oxígeno (DBO), del afluente y efluente a partir de un tiempo de retención hidráulica de 45 días. La DBO del efluente del biodigestor tubular, a partir de los 120 días con 293.5 mg/L, se encuentran dentro de los VMP que son los parámetros establecidos en la normativa nacional – DS N° 021 – 2009 del ministerio de vivienda construcción y saneamiento, donde establece valores máximos admisibles de 500 mg/L para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Teniendo en cuenta lo mencionado se debe considerar un tratamiento adicional como agregar biofiltros para aumentar la carga microbiana y acelerar el proceso en el biodigestor tubular, logrando una eficiencia en menor tiempo. Sin embargo, Cubillos y Huertas (2018), logra un promedio mínimo de 224,67 mg/L O₂ para el tiempo de retención hidráulica de 8 días con la relación estiércol-agua de 1:7, indicando según Moína y Aldaz (2012) una reducción de materia orgánica contenida en el agua residual proveniente de la granja porcina comprobando la eficiencia del sistema de tratamiento, lo que significa una estabilización del sistema, como resultado de un incremento en la temperatura.

4.2.2. Demanda química de oxígeno

En la figura 9 se observa los resultados obtenidos de la demanda química de oxígeno (DQO), en la misma figura se muestra la comparación de los datos del efluente, luego de haberse dado el tratamiento anaerobio en el biodigestor tubular a las aguas provenientes del faenado de animales de abasto, con el valor máximo permitido según la normativa nacional – DS N°021 – 2009 del ministerio de vivienda construcción y saneamiento, en donde establece los valores máximos admisibles de 1000 mg/L para este indicador (DQO). Los resultados determinan en la demanda química de oxígeno (DQO), promedios de 28 278.55 mg/L en el afluente y 3 585.677mg/L en el efluente.

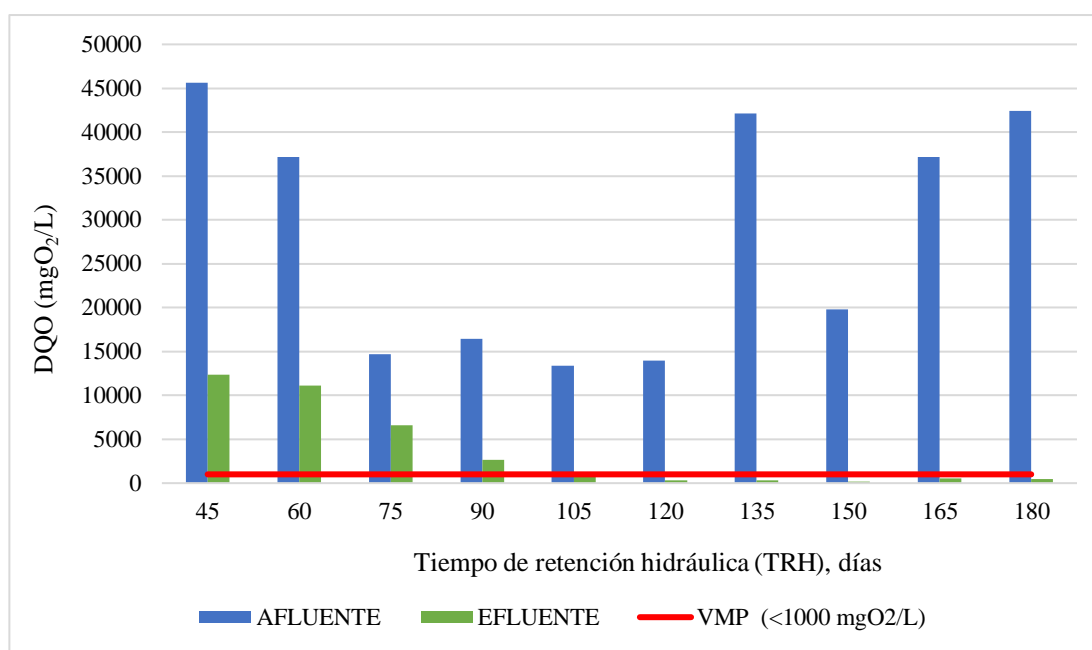


Figura 10. Datos obtenidos de la DQO en el afluente y efluente del biodigestor tubular

Los resultados muestran que, a partir de los 120 días de retención hidráulica, cumple con los valores máximos admisibles para este indicador (1000mg/L). Los primeros 105 días no se logra a cabalidad la remoción de carga orgánica por el biodigestor tubular; sin embargo, si se logra porcentajes de remoción por encima del 50%, Guerrero *et al.* (2011), menciona que la demanda química de oxígeno tiende a disminuir con el aumento del tiempo de retención hidráulica, en

razón a la degradación de la materia orgánica, lo que esclarece los resultados obtenidos, pues conforme aumenta el tiempo de retención hidráulica el porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno se incrementa significativamente, en la figura 9 se observa este incremento.

4.2.3. Sólidos suspendidos totales

En la figura 11. se observa los valores obtenidos según el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca de las muestras del afluente y efluente del biodigestor tubular, referente al indicador de sólidos suspendidos totales, asimismo, se presenta la comparación de estos datos con la normativa nacional – DS N° 021 – 2009 del ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento en el 2009, la cual establece los valores máximos permisibles 500 mg/L para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitaria. Los resultados muestran un promedio de 5 739 mg/L para el afluente y 250 mg/L para el efluente.

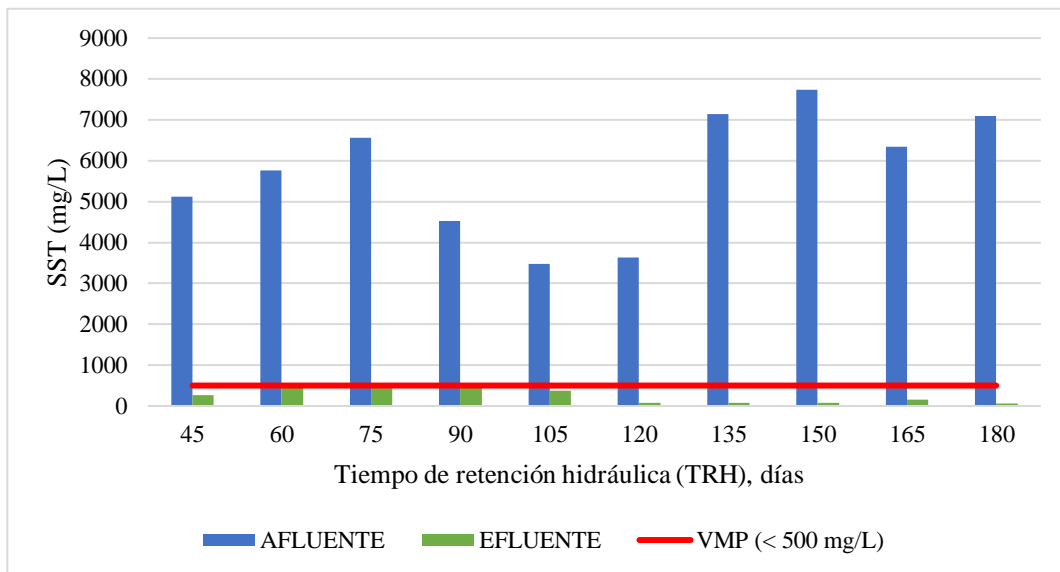


Figura 11. Valores de afluente y efluente de los sólidos suspendidos.

Según el análisis realizado a los datos obtenidos sobre el indicador de sólidos suspendidos totales, el biodigestor tubular es eficiente en la remoción de SST de las aguas provenientes del faenado de animales de abasto. Desde los 45 días de retención hidráulica, se logra una remoción eficiente, por lo cual, podemos afirmar que el parámetro de SST es admisible con el límite establecido por la normativa nacional.

4.2.4. Potencial de hidrógeno

Durante el periodo de estudio se obtuvieron los valores de afluente y efluente del biodigestor tubular que se detallan en la figura 12, donde el promedio del afluente es 7.0 unidades de pH, y el promedio del efluente es de 6.8 unidades de pH.

Tabla 12. Datos obtenidos de pH del afluente y del efluente

Tiempo de retención hidráulico, días	AFLUENTE pH	EFLUENTE pH
45	6.9	6.5
52	7.1	6.6
59	7.0	6.6
66	6.9	6.9
73	7.0	6.8
80	6.9	6.9
87	6.9	6.9
94	7.0	6.8
101	6.9	6.7
108	7.0	6.9
115	6.9	6.9
122	6.9	7.0
129	7.0	6.9
136	6.9	6.82
143	6.9	7.0
150	7.0	6.9
157	7.0	7.0
164	6.9	7.0
PROMEDIO	7.0	6.8

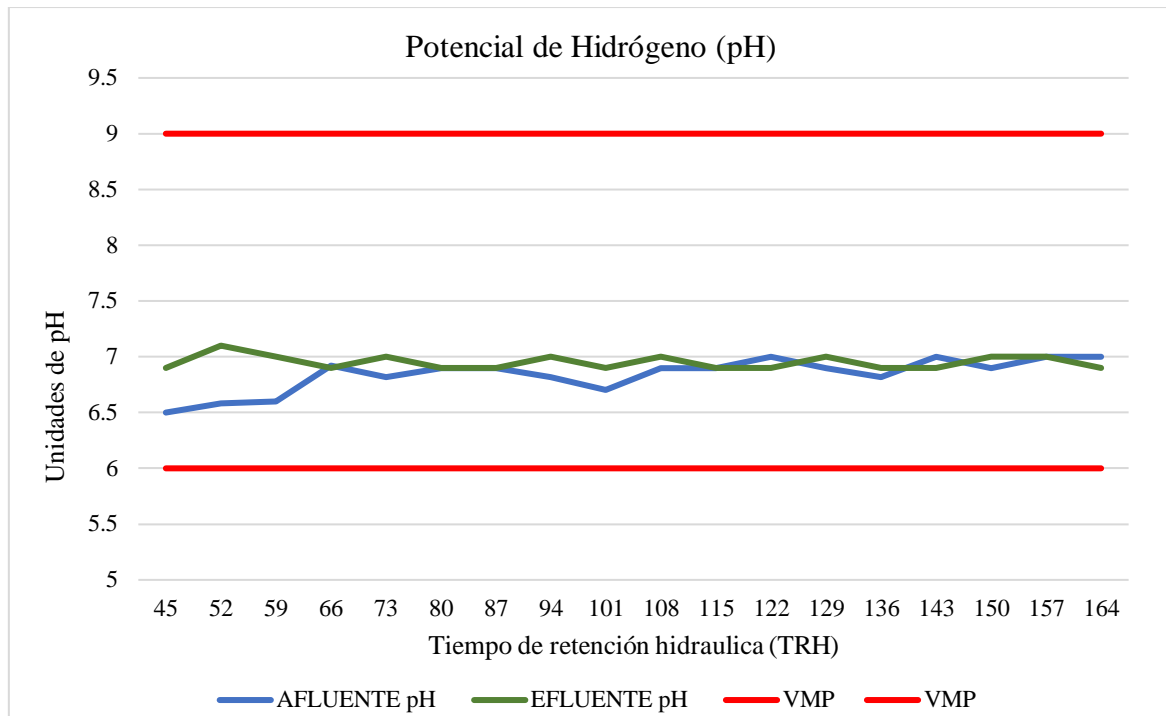


Figura 12. Variación del potencial de hidrogeno (pH) en el afluente y efluente

Si bien es cierto los valores de pH, está dentro de lo establecido por la normativa como lo muestra la figura 12; sin embargo, es necesario mantener sobre las 7 unidades de pH para que se presente mayor eficiencia en el biodigestor tubular, Osorio *et al.* (2007) menciona que el pH a la salida es cercano a la neutralidad en un sistema de biodigestión en serie para climas fríos. Lo que significa que estuvo dentro de los valores óptimos y recomendables para el funcionamiento adecuado de la digestión anaeróbica.

El pH debe ser estable entre los valores 6.5 y 7.5, que son los valores aceptables por las bacterias metanogénicas. El pH se puede mantener si existe un equilibrio entre las diferentes formas de carbono inorgánico. Un valor inadecuado de pH en las aguas residuales puede afectar el desarrollo de los microorganismos que intervienen en los procesos biológicos; también, el pH debe mantenerse dentro de los límites para garantizar la efectividad de los procesos químicos (Acosta 2016).

4.2.5. Temperatura

Durante el periodo de estudio se obtuvieron los valores de afluente y efluente del biodigestor tubular que se detallan en la figura 13. donde el promedio de la temperatura del afluente es de 14.2°C y del efluente es de 29.2°C, asimismo en el efluente se obtuvieron como valor mínimo de 24 °C y como valor máximo 36 °C de temperatura refrendando el estudio de Morales (2018) las bacterias presentes en el afluente del sistema operado a 19 y 37°C, son los que arrojan el mayor valor de actividad metalogénica específica (AME).

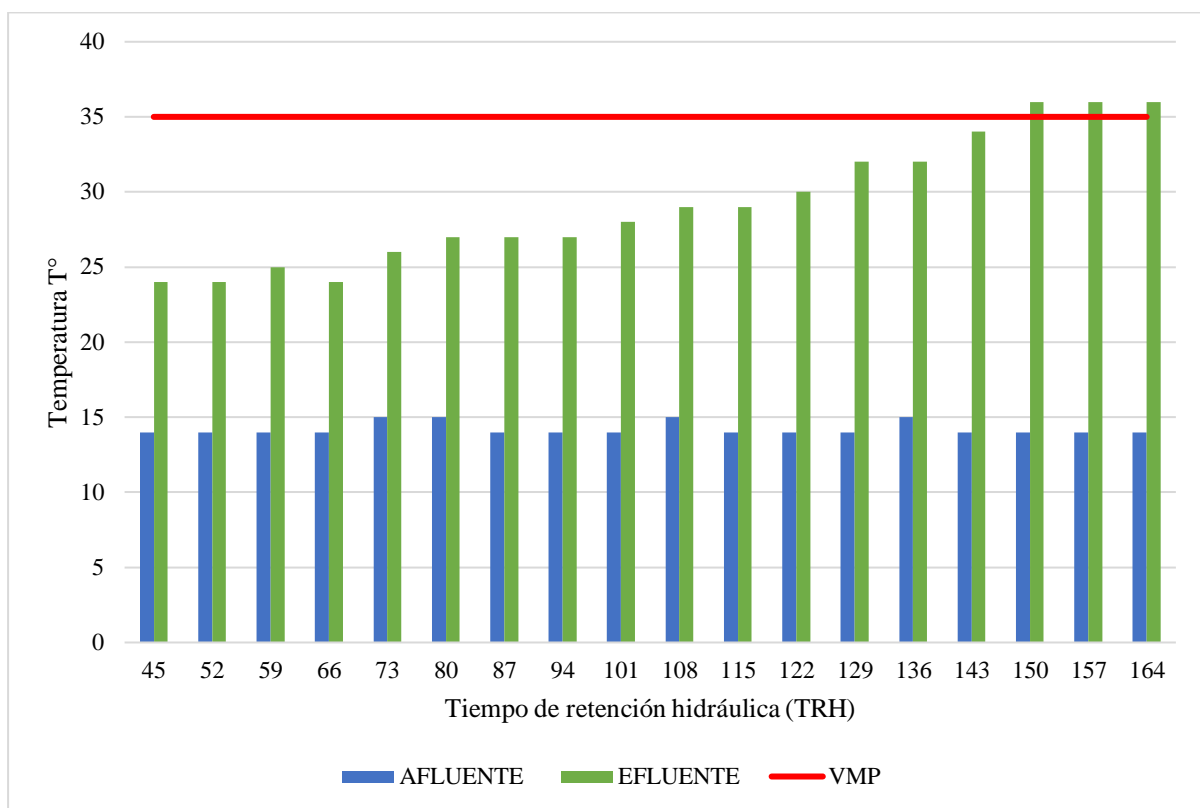


Figura 13. Valores de afluente y efluente de temperatura.

La temperatura se incrementa de 24 a 36 °C, con el paso de los días, este aumento se debe al incremento de biogás producto de la digestión anaerobia, además, la solubilidad de las sales influye en el aumento de la temperatura, por lo tanto, la materia orgánica será más accesible para las bacterias, es decir, la velocidad del proceso en el biodigestor será más rápido (Álvarez *et al.* 2006). Campos y Flotats (2012) determinaron que la temperatura promedio para el adecuado funcionamiento de los biodigestores anaeróbicos se encuentra en el rango de 20 a

40°C en la zona mesófila proporcionando condiciones favorables para el crecimiento bacteriano. Según Díaz *et al* (2002) mencionan que la mayoría de los digestores anaerobios se encuentra entre 30°C - 35°C, para favorecer la producción de metano; conforme aumenta la temperatura permite incrementar la generación de metano, permitiendo mayor eficiencia en el biodigestor, los valores de temperatura en la presente investigación se mantuvieron entre 25 – 35°C, favoreciendo el proceso de biodigestión anaerobia. El aumento de la temperatura puede mejorar el crecimiento microbiano y su actividad por lo tanto estimula a la tasa de biodegradación, así que a bajas temperaturas la degradación sería lenta afectando la eficiencia (Gonzales 2019), ello se manifiesta con las altas tasas de remoción obtenidas en la carga orgánica (DBO 99% y DQO 98%) y sólidos (SST en un 99%) con tiempos de retención de 180 días, también observamos en la figura 13, que en las tres últimas mediciones la temperatura se mantiene constante, lo que significa que el biodigestor ha llegado a una etapa de estabilización donde probablemente la carga orgánica está en el límite de agotamiento, por lo tanto la tasa de actividad biológica es estacionaria, y poco después comenzaría el proceso decaimiento endógeno (Torres 2017).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 5.1.1. El biodigestor tubular es eficiente en el tratamiento de efluentes del beneficio cárnico, logrando porcentajes de remoción para DBO₅, DQO y SST respectivamente de 97.24%, 97.45 % y 98.08 %, para un tiempo de retención de 120 días; así mismo, se obtuvo eficiencias de remoción de 99.72%, 98.98 % y 99.17 % para DBO₅, DQO y SST respectivamente, para un tiempo de retención de 180 días, tiempo de la estabilización de la temperatura.
- 5.1.2. La DBO₅ promedio obtenida en el afluente fue de 10628.4 mg/L y de 293.5 mg/L en el efluente; la DQO de 13960.1 mg/L en el afluente y de 355.9 mg/L en el efluente y los SST 3640 mg/L en el afluente y 70 mg/L en el efluente, para un tiempo de retención de 120 días, cumpliendo con los valores máximos admisibles (VMA), para la descarga de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario establecidos en DS N°021 – 2009.
- 5.1.3. El promedio del potencial de hidrógeno (pH) es de 7 unidades, variando entre 6 unidades y 7 unidades de pH; y la temperatura de 29.2 °C variando entre 24 °C y 36°C; con la utilización de la tecnología del biodigestor tubular.

5.2. Recomendaciones

Se debe considerar otros estudios como el análisis del biogás y una medición de los parámetros microbianos para una mejor eficiencia del biodigestor tubular.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta. 2016. Propuesta de un sistema de tratamiento de efluentes para la obtención de agua reutilizable en el centro de beneficio avícola ANDY S.R.L. Tesis Ing. Civ. UCTM, Chiclayo, Perú.
- Álvarez, R; Villca, S; Lidén, G. 2006. Biogas production from llama and cow manure at high altitude. *Biomass and Bioenergy*, 66-75.
- Arrieta, W. 2016. Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Tesis Ing. Piura, Perú, Universidad de Piura. 251p.
- Basuri; Torres. 2018. Producción de biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal Municipal de Cajamarca. Tesis Ing. Amb. Cajamarca, UPAGU.
- Bergamo, C; Monaco, R; Ratusznei, S; Rodríguez, J; Foresti, E; Zaiat, M. 2009. Efecto de la temperatura en diferentes niveles de carga orgánica en el rendimiento de un biorreactor por lotes de secuencia anaeróbica fluidizado de 150 lechos. *Ingeniería química y procesamiento*, 48 (3): 789- 796

- Bolívar, H; Ramírez, E. 2012. Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá. Tesis Ing. Bogotá, Colombia, UDFJC. 112p.
- Briseño, L. 2017. Producción de biogás a través de la cogestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía. Tesis Mg. Santiago de Querétaro, México, Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica, SC. 99p.
- Campos, E; Flotats, X. 2012. Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje. En Díaz de Santos. Tratamiento y valorización energética de residuos. Madrid. 96 p.
- Cotrina, R; Villanueva, G. 2013. Biodigestores tubulares unifamiliares: Cartilla práctica para instalación, operación y mantenimiento. Lima, Perú. 32p.
- Cubillos D; Huertas D. 2018. Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la institución educativa agrícola Guacavía, Cumaral-meta. Tesis Ing. Villavicencio, Colombia, Universidad Santo Tomás. 80p.
- Decreto supremo N° 021-2009.VIVIENDA, 2009. Aprueban valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario. El Peruano. Perú. 20 nov.
- Díaz, M; Espitia, S; Molina, F. 2002. Digestión anaerobia: Una aproximación a la tecnología. (Primera edición) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (en línea). Consultado el 18 abr. 2021. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/43178/2/9587011961_Parte%201.pdf

- Espinosa, J. 2011. Tratamiento de aguas residuales de matadero con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobio de película fija (BAPF) y aerobio de membrana (MBR). Tesis Dr. Burgos, España, Universidad de Burgos. 391 p.
- Esprella, M; Lira, M. 2012. Producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos mediante la implementación de un sistema biodigestor para la aplicación sobre cultivos en parcela (en línea). Consultado 30 de ago. 2020. Disponible en <http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/instituto%20universitario%20de%20tecnologia%20dr%20delfin%20mendoza/PROYECTOBIOFERTILIZANTE.pdf>
- Forget. 2011. Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. Microsol, Lima.
- García, K. 2009. Codigestión anaeróbica de estiércol y lodos de depuradora para producción de biogás. Tesis Mg. Cádiz, España, UC. 76p.
- Gómez, S. 2012. Diseño, construcción y puesta a punto de un biodigestor tubular, CarazoNicaragua (en línea). Universidad Carlos III de Madrid. Consultado 30 de ago. 2020. Disponible en <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/17044>
- Gonzales, F; Apanu, J. 2017. Situación sanitaria, técnica y administrativa de los camales del departamento de Lambayeque, periodo 2016. Tesis Medc. Vet., Lambayeque, Perú. UNPRG. 95p.
- González, R. 2019. Diseño e implementación de plantas de biogás. Documento divulgativo.
- Guardado, J. 2007. Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial CUBASOLAR.

- Guerrero, C; Inga, E; Samaniego, F. 2011. Optimización de un biodigestor en la depuración de agua residual con estiércol de ganado bovino. Tesis Ing. Cuenca, Ecuador, Universidad politécnica Salesiana sede Cuenca. 119p.
- Herrera, T; González, J. 2005. Construcción y uso de biodigestores plásticos tubulares. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Herrero, J. 2008. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía. Bolivia. 85p.
- Jiménez, E; Pesantes, ER. 2020. Evaluación de la contaminación del río Namballe generado por la disposición final de los residuos sólidos del Camal Municipal del Distrito Namballe, San Ignacio. Tesis Ing. Amb., Chiclayo, Perú, UCV. 64 p.
- Lorenzo, Y; Obaya, M. 2005. La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 39 (1), 35-48p.
- Martí, J. 2008. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía. Bolivia. 85p.
- Martínez, LM. 2015. Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. Nova Scientia, 7(15): 96-115.
- MINENERGIA (Ministerio de Energías y Minas – Chile), PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), FAO (Organización de las Naciones Unidas), GEF (Global Environment Facility). 2011. Manual de biogás. Proyecto CHI/00/G32. Santiago, Chile, 119p.
- Ministerio de agricultura 2011. Biodigestores en el Perú: Guía de principales experiencias desarrolladas en el país. Lima. Perú. 12 p.

- Moina, R; Aldaz, G. 2012. Implementación de un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes de las porquerizas en la comunidad de San Martín de Veranillo utilizando Tamuz comercial (en línea). Tesis de pregrado, Riobamba, Ecuador, ESPC. Consultado 15 abr. 2021. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2640/1/236T0072.pdf>
- Morales P. 2018. Evaluación experimental del potencial de producción de biogás a partir de aguas residuales procedentes del camal metropolitano de Quito. Tesis Ing. Quito, Ecuador, Escuela politécnica nacional. 179p.
- Navarro, G. 2015. Producción de biogás en un biodigestor tubular a escala piloto utilizando estiércol del ganado vacuno de la universidad privada Los Andes. Tesis MSc. Huancayo, Perú, Universidad nacional del centro del Perú. 181p.
- Osorio, J; Ciro, H; González H. 2007. Evaluación de un sistema de biodigestión en serie para clima frío. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín. 60(2): 4145-4162.
- Pautrat, J. 2010. Diseño de biodigestor y producción de biogás con excremento vacuno en la granja agropecuaria de Yauris. Tesis Ing. Huancayo, Perú, Universidad nacional del centro del Perú. 115p.
- Potschka, J. 2012. Biodigestores. Revista Producir, 21(243): 20-24.
- SERMARNAT (secretaría de medio ambiente y recursos naturales) / SAGARPA (secretaría de agricultura, ganadería, Desarrollo rural, pesca y alimentación).2010. Especificaciones técnicas para el diseño y construcción de biodigestores en México, México, 108p.
- Suarez E. 2018. Implementación de un biodigestor de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales de un frigorífico en Quito. Tesis Ing. Amb. Bucaramanga, Ecuador, UIS. 54p.

- Toala, E. 2013. Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica. Tesis Ing. Riobamba, Ecuador, E SPC. 138p.
- Toscano, T. 2016. Diseño de un biodigestor anaeróbico para la obtención de biogás, a partir de las excretas de ganado vacuno en el Racho Guadalupe, en el Cantón Mocha Provincia de Tungurahua en el año 2015. Tesis pregrado, Ecuador, ESPC.
- Torres, CO. 2017. Determinación de los coeficientes de reacción del crecimiento biológico y decaimiento endógeno en las lagunas de estabilización del municipio de Zipaquirá. Tesis Ing. Civil, Bogotá, Colombia, UCC. 119p.
- Wong, M; Jiménez, E. 2010. Comparación del efecto de 2 biofertilizantes líquidos a base de estiércol caprino y vacuno sobre parámetros de crecimiento de algarrobo en fase de vivero. SPL.

CAPÍTULO VII

ANEXO

7.1. Cálculo de remoción

7.1.1. Cálculo de remoción de DBO

FECHA	TIEMPO EN DÍAS	AFLUENTE	EFLUENTE	% DE REMOCIÓN DE DBO ₅
19/08/2019	45	13250	6300	52.45%
03/10/2019	60	19725	7470	62.13%
17/10/2019	75	10775	5380	50.07%
29/10/2019	90	11755	1992.5	83.05%
15/11/2019	105	9062.5	978	89.21%
29/11/2019	120	10628.4	293.5	97.24%
12/12/2019	135	29150	193.5	99.34%
26/12/2019	150	16625	163.67	99.02%
09/01/2020	165	19500	93.4	99.52%
22/01/2020	180	34950	99.4	99.72%
PROMEDIO		17542.09	2296.397	83.17%

7.1.2. Cálculo de remoción de DQO

FECHA	TIEMPO EN DÍAS	AFLUENTE	EFLUENTE	% DE REMOCIÓN DE DQO
19/08/2019	45	45634	12323	73.00%
03/10/2019	60	37180	11146	70.02%
17/10/2019	75	14669	6620	54.87%
29/10/2019	90	16446.3	2655	83.86%
15/11/2019	105	13409.1	1230.7	90.82%
29/11/2019	120	13960.1	355.9	97.45%
12/12/2019	135	42093.7	345.8	99.18%
26/12/2019	150	19820.9	203.27	98.97%
09/01/2020	165	37170.2	542.9	98.54%
22/01/2020	180	42402.2	434.2	98.98%
PROMEDIO		28278.55	3585.677	86.57%

7.1.3. Cálculo de remoción de SST:

FECHA	TIEMPO EN DÍAS	AFLUENTE	EFLUENTE	% DE REMOCIÓN DE DQO
19/09/2019	45	5120	270	94.73%
03/10/2019	60	5760	520	90.97%
17/10/2019	75	6560	435	93.37%
29/10/2019	90	4520	460	89.82%
15/11/2019	105	3480	370	89.37%
29/11/2019	120	3640	70	98.08%
12/12/2019	135	7140	83	98.84%
26/12/2019	150	7730	70	99.09%
09/01/2020	165	6340	163	97.43%
22/01/2020	180	7100	59	99.17%
PROMEDIO		5739	250	95.09%

7.2. Panel fotográfico



Figura 14. Zanja en forma trapezoidal para encajar el biodigestor



Figura 15. Visita del asesor a las instalaciones del biodigestor



Figura 16. Carga del biodigestor



Figura 17. Toma de muestras para laboratorio



Figura 18. Muestras listas para laboratorio

7.3. Informes de laboratorio



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919758

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario	KEYLA SUJEY MORI LEYVA		
Dirécción	-		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	-

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	19.08.19	Hora de Muestreo	10:00 a 10:05
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	02 Muestras	N° Frascos x muestra	06
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Usuario		
Procedencia de la Muestra:	PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 1058	Cadena de Custodia	CC - 758 - 19
Fecha y Hora de Recepción	19.09.19	14:50	Inicio de Ensayo 19.09.19 15:20
Reporte <i>Final de</i> Resultados	30.09.19	16:00	



Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 30 de Septiembre de 2019.

1 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE. CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorio@lagua@regionalcajamarca.gob.pe FON: 0595000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919758

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			E _C	A _C	-	-	-	-
Código Laboratorio			0919758-01	0919758-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			CELENDIN PALLAC	CELENDIN PALLAC	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	5120.0	270.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	13250	6300	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	45634	12323	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev. N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 30 de Septiembre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019802

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **KEYLA SUJEY MORI LEIVA**
 Dirección **-**
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **-**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **03.10.19** Hora de Muestreo **05:00 a 05:15**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
 Ensayos solicitados **Físicoquímicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1058** Cadena de Custodia **CC - 802 - 19**
 Fecha y Hora de Recepción **03.10.19 08:00** Inicio de Ensayo **03.10.19 08:30**
 Reporte *Final* de Resultados **14.10.19 09:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
 Responsable de Oficina
 CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 14 de Octubre de 2019.



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019802

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS			
Código Cliente			E ₁	A ₁		
Código Laboratorio			1019802-01	1019802-02		
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL		
Descripción			Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra			Pallac-Celendín	Pallac-Celendín		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	5760	520		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	19725	7470		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	37180	11146		

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 22nd Ed. 2012; Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017; Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realizan los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 14 de Octubre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019851

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **17.10.19** Hora de Muestreo **11:00 a 11:15**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1058** Cadena de Custodia **CC - 851 - 19**
 Fecha y Hora de Recepción **17.10.19 14:53** Inicio de Ensayo **17.10.19 15:30**
 Reporte *Final* de Resultados **30.10.19 10:45**

Ing. Ulder Miguel Neyra Jaico
 Responsable de Oficina
 CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 30 de Octubre de 2019.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019851

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS				
Código Cliente			E ₂	A ₂	-	-	-
Código Laboratorio			1019851-01	1019851-02	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Celendín	Celendín	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	6560	435.0	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	10775	5380	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	14669	6620	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 30 de Octubre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019883

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
Dirección -
Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **29.10.19** Hora de Muestreo **06:10 a 06:23**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
Procedencia de la Muestra **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1058** Cadena de Custodia **CC - 883 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **29.10.19 09:09** Inicio de Ensayo **29.10.19 09:30**
Reporte *Final de* Resultados **11.11.19 09:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 15 de Noviembre de 2019.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019883

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS					
Código Cliente			E ₃	A ₃	-	-	-	-
Código Laboratorio			1019883-01	1019883-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Celendin - Pallac	Celendin - Pallac	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	4520	460.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	11755	1992.5	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	16446.3	2655	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A D, 22nd Ed. 2012: Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 15 de Noviembre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1119916

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **15.11.19** Hora de Muestreo **08:00 a 08:30**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
 Ensayos solicitados **Fisicoquimicos y Biológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1058** Cadena de Custodia **CC - 916 - 19**
 Fecha y Hora de Recepción **15.11.19 12:30** Inicio de Ensayo **15.11.19 13:00**
 Reporte *Final de* Resultados **26.11.19 09:00**

Ing. Dáder Miguel Neyra Jánco
 Responsable de Oficina
 CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 26 de Noviembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1119916

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS			
Código Cliente			E ₁	A ₁	-	-
Código Laboratorio			1119916-01	1119916-02	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Pallac - Celendín	Pallac - Celendín	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	3480	370.0	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	9062.5	978.0	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	13409.1	1230.7	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT-1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 26 de Noviembre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1119971

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS					
Código Cliente			A _s	E _s	-	-	-	-
Código Laboratorio			1119971-01	1119971-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Pallac - Celendín	Pallac - Celendín	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	70.0	3640.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	293.5	10628.4	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	355.9	13960.1	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 11 de Diciembre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191018

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
Dirección -
Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **12.12.19** Hora de Muestreo **6:00 a 6:10**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
Procedencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1240** Cadena de Custodia **CC - 1018 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **12.12.19 08:12** Inicio de Ensayo **12.12.19 09:00**
Reporte *Final* de Resultados **23.12.19 10:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 23 de Diciembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191018

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS					
Código Cliente			E _s	A _s	-	-	-	-
Código Laboratorio			12191018-01	12191018-02	-	-	-	-
Mátriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Celendín	Celendín	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	7140.0	83.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	29150.0	193.5	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	42093.7	345.8	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D. 22nd Ed. 2012: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida solo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 23 de Diciembre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191048

DATOS DEL CLIENTE


Razón Social/Nombre **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **26.12.19** Hora de Muestreo **06:00 a 06:10**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **02 Muestras**
 Ensayos solicitados **Fisicoquímico**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
 Referencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1240** Cadena de Custodia **CC - 1048 - 19**
 Fecha y Hora de Recepción **26.12.19 12:00** Inicio de Ensayo **26.12.19 12:30**
 Reporte Resultado **06.01.20 16:00**



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028



Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 06 de Enero de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0120011

ENSAYOS			FISICO - QUIMICOS				
Código de la Muestra			E8	AB	-	-	-
Código Laboratorio			12191048-01	12191048-02	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Celendín	Celendín	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	7730.0	70	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	16625.0	163.67	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	19820.9	203.27	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto, no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras, recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión del informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 06 de Enero de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0120011

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA


Fecha del Muestreo **09.01.20** Hora de Muestreo **06:00 a 06:10**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **02**
 Ensayos solicitados **Físicoquímico**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1240 -19** Cadena de Custodia **CC - 011 - 20**
 Fecha y Hora de Recepción **09.01.20 10:17** Inicio de Ensayo **09.01.20 10:45**
 Reporte Resultado **20.01.20 11:00**



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028



Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 20 de Enero de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0120011

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			E8	A8	-	-	-	-
Código Laboratorio			0120011-01	0120011-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Celendín - Pañac	Celendín - Pañac	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	6340.0	163.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	19500.0	93.4	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	37170.2	542.9	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

(*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 20 de Enero de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0120044

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **KEYLA SUJEY MORI LEYVA**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **22.01.20** Hora de Muestreo **18:00 a 18:10**
 Responsable de la toma de muestra **Ciente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **02**
 Ensayos solicitados **Fisicoquímico**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **PROYECTO DE TESIS: "EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CÁRNICO, EN CELENDÍN"**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1240 -19** Cadena de Custodia **CC - 044 - 20**
 Fecha y Hora de Recepción **23.01.20 09:26** Inicio de Ensayo **23.01.20 10:00**
 Reporte Resultado **03.02.20 10:00**



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028



Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 03 de Febrero de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0120044

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			EB	AB	-	-	-	-
Código Laboratorio			0120044-01	0120044-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Celendin - Pallas	Celendin - Pallas	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	7100.0	59.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	34950.0	99.4	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	42402.2	434.2	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 03 de Febrero de 2020.